

(12) NACH DEM VEREINBAR ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. April 2004 (22.04.2004)

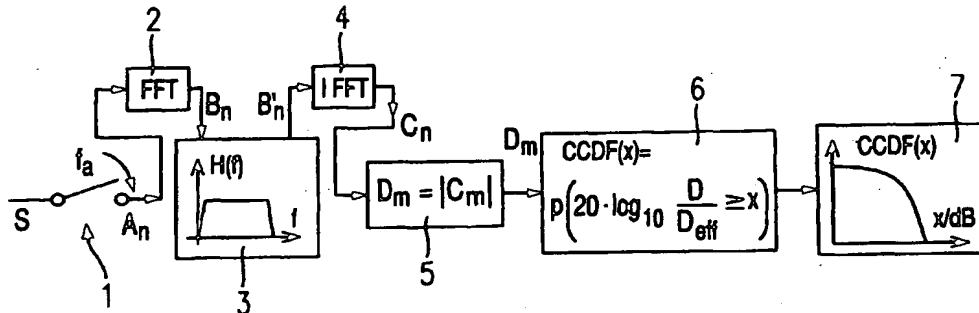
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/034712 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: H04N 17/00, 5/455
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HOFMEISTER, Martin [DE/DE]; Schleissheimer str. 118, 80797 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008792
- (74) Anwälte: KÖRFER, Thomas usw.; Mitscherlich & Partner, Sonnenstrasse 33, 80331 München (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 7. August 2003 (07.08.2003)
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 42 333.4 12. September 2002 (12.09.2002) DE
- Veröffentlicht: — mit internationalem Recherchenbericht
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG [DE/DE]; Mühlhofstrasse 15, 81671 München (DE).
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE ENVELOPE OF A MODULATED SIGNAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DER HÜLLKURVE EINES MODULIERTEN SIGNALS



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the envelope of a modulated input signal (S), said method comprising the following steps: digital scan results (A<sub>n</sub>) are produced by digitally scanning the input signal (S); Fourier-transformed scan results (B<sub>n</sub>) are produced by means of the Fourier transformation (2) of the digital scan results (A<sub>n</sub>); sideband-adjusted, Fourier-transformed scan results (B'<sub>n</sub>) are produced by removing the region with negative frequencies or the region with positive frequencies from the Fourier-transformed scan results (B<sub>n</sub>); inverse-transformed scan results (C<sub>n</sub>) are produced by means of the inverse Fourier transformation of the sideband-adjusted, Fourier-transformed scan results (B'<sub>n</sub>); and the absolute value (D<sub>m</sub>) of the inverse-transformed scan results (C<sub>n</sub>) is formed.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Hüllkurve eines modulierten Eingangssignals (S) mit folgenden Verfahrensschritten: - Erzeugen digitaler Abtastwerte (A<sub>n</sub>) durch digitales Abtasten (1) des Eingangssignals (S), - Erzeugen fouriertransformierter Abtastwerte (B<sub>n</sub>) durch Fouriertransformieren (2) der digitalen Abtastwerte (A<sub>n</sub>), - Erzeugen seitenbandbereinigter, fouriertransformierter Abtastwerte (B'<sub>n</sub>), durch Entfernen des Bereichs mit negativen Frequenzen oder des Bereichs mit positiven Frequenzen von den fouriertransformierten Abtastwerten (B<sub>n</sub>), - Erzeugen rücktransformierter Abtastwerte (C<sub>n</sub>) durch inverses Fouriertransformieren der seitenbandbereinigten, fouriertransformierten Abtastwerte (B'<sub>n</sub>), - Bilden des Absolutbetrags (D<sub>m</sub>) der rücktransformierten Abtastwerte (C<sub>n</sub>).

WO 2004/034712 A1

Verfahren zum Bestimmen der Hüllkurve eines modulierten  
Signals

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Hüllkurve eines modulierten Signals, beispielsweise für die Ermittlung der Werte für ein CCDF-Diagramm.

Insbesondere für die Ermittlung der CCDF (Complementary Cumulative Distribution Function) aber auch für andere Anwendungen ist die Bestimmung der Hüllkurve eines modulierten Signals erforderlich. Das CCDF-Diagramm gibt die Wahrscheinlichkeit an, daß der Signalpegel der Hüllkurve des analysierten Signals einen bestimmten  
10 Pegelwert überschreitet. Aus dem Verlauf des CCDF-Diagramms läßt sich u. a. der Parameter des Crestfaktors bestimmen, der das Verhältnis der maximal im Signal vorkommenden Leistung bezogen auf die mittlere Leistung angibt. Der Crestfaktor unterstützt den Betreiber eines  
15 modulierten Hochfrequenzsenders, die optimale Aussteuerung der Senderverstärker zu bestimmen. Einerseits soll die gesendete Leistung möglichst hoch sein, damit der Signal-Rauschabstand an den Empfängern möglichst groß ist. Andererseits darf die Sendeleistung nicht zu groß sein, um  
20 Zerstörungen bei den Senderverstärkern durch kurze Leistungsspitzen zu vermeiden. Wird der gemessene CCDF-Verlauf gemeinsam mit dem Verlauf eines idealen Signals dargestellt, können auch Rückschlüsse auf Nichtlinearitäten und Begrenzungseffekte im gesendeten  
25 Signal vorgenommen werden.  
30

Aus der DE 199 10 902 A1 ist eine Meßwerteerfassungs- und Anzeigevorrichtung für ein CCDF-Diagramm bekannt. Auch dort besteht ein Schritt der Signalaufbereitung darin, die  
35 Hüllkurve des modulierten Signals bzw. die Leistung der Hüllkurve zu bestimmen. In Spalte 10 Zeile 47 bis Spalte 11 Zeile 28 wird zur Bestimmung der Hüllkurvenleistung vorgeschlagen, das Signal mit der vierfachen Symbolfrequenz abzutasten, die Digitalwerte einer aus vier

Abtastwerten bestehenden Gruppe, zu quadrieren, zu summieren und dann durch 4 zu teilen. Somit entsteht ein gleitender Mittelwert der Leistungswerte der Momentan-Amplitude des modulierten Signals, was einer  
5 Tiefpaßfilterung entspricht. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist jedoch, daß die dabei notwendige Quadrierung der abgetasteten Digitalwerte zu höherfrequenten Spektralanteilen führt. Die darauf folgende nicht-ideale Tiefpaßfilterung führt zu  
10 Ungenauigkeiten bei der CCDF-Messung. Genauer gesagt, führt die Quadrierung der Abtastwerte zu höherfrequenten Spektralanteilen, die durch die Mittelung (= Filterung mit einem Filter mit  $\sin(x)/x$ -Frequenzgang) nicht mehr ordentlich entfernt werden.

15 Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bestimmung der Hüllkurve eines modulierten Signals anzugeben, das mit einer relativ hohen Genauigkeit arbeitet.

20 Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Im Gegensatz zu dem bekannten Verfahren erfolgt die  
25 Ermittlung der Hüllkurve erfindungsgemäß nicht durch eine Tiefpaßfilterung, sondern die digitalen Abtastwerte werden in den Frequenzbereich fouriertransformiert. Im Frequenzbereich wird dann der Bereich positiver Frequenzen bzw. der Bereich negativer Frequenzen entfernt. Es folgt  
30 dann eine Fourier-Rücktransformation in den Zeitbereich. Erst dann werden die Beträge der rücktransformierten Abtastwerte gebildet. Es wird in dieser Anmeldung später noch gezeigt, daß der Absolutbetrag der rücktransformierten Abtastwerte die Hüllkurve des  
35 modulierten Hochfrequenzsignals darstellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat im Gegensatz zur Betragsbildung und anschließenden Tiefpaßfilterung den Vorteil, daß die Durchführung des Verfahrens unabhängig

von der Qualität der Tiefpaßfilterung, unabhängig von der Art des Signals und von dessen spektralen Lage und außerdem unabhängig vom Synchronisationszustand des zu vermessenden Hochfrequenzsignals ist. Das erfindungsgemäße  
5 Verfahren ist zudem wesentlich genauer als das bekannte Verfahren mit Tiefpaßfilterung.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

10

Es ist vorteilhaft, neben dem Bereich der negativen bzw. positiven Frequenzen auch den Gleichanteil bei der Frequenz 0 nach der Fouriertransformation in den Frequenzbereich zu entfernen. Dadurch ist gewährleistet,  
15 daß der Gleichspannungs-Versatz eines nicht idealen Analog/Digital-Wandlers keinen Einfluß auf das erfindungsgemäße Verfahren hat. Das ideale Signal hat in der Zwischenfrequenz-Ebene keinen Gleichspannungsanteil, so daß die Entfernung des Gleichspannungsanteils das  
20 Meßergebnis nicht verfälscht.

Ferner ist es sinnvoll, die in den Zeitbereich rücktransformierten Abtastwerte nur in einem solchen begrenzten Bereich weiterzuverarbeiten, daß die durch die  
25 Fouriertransformation und inverse Fouriertransformation hervorgerufene zyklische Fortsetzung des Signals unterdrückt wird.

Die Ansprüche 6, 7, 8 und 9 betreffen ein entsprechendes  
30 digitales Speichermedium, Computerprogramm bzw. Computerprogramm-Produkt auf der Grundlage des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die  
35 Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel eines CCDF-Diagramms;

- Fig. 2 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- 5 Fig. 3 ein Diagramm zur Erläuterung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 4 die in den Frequenzbereich fouriertransformierten Abtastwerte und
- 10 Fig. 5 die in den Zeitbereich rücktransformierten Abtastwerte.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend für das Anwendungsbeispiel der Bestimmung der Momentanleistung der Hüllkurve für ein CCDF-Diagramm erläutert. Wie bereits  
15 ausgeführt, ist das erfindungsgemäße Verfahren jedoch nicht auf diese Anwendung beschränkt und eignet sich für alle Anwendungen, bei welchen der momentane Pegel der Hüllkurve oder aus diesem abgeleitete Signalwerte, wie z.  
20 B. die Leistung, also das Quadrat des Pegels, benötigt werden.

Fig. 2 demonstriert das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Blockschaltbilds. Das durch ein Modulationssignal  
25 modulierte hochfrequente Eingangs-Signals  $S$  wird zunächst an einer Abtast- und Halteschaltung 1 digital abgetastet. Dabei entstehen digitale Abtastwerte  $A_n$  des Eingangssignals  $S$ . Die Abtastwerte  $A_n$  werden dann beispielsweise mit einem Algorithmus der schnellen Fouriertransformation  
30 (FFT, Fast Fourier Transform) einer Fouriertransformation unterworfen. Dadurch entstehen die fouriertransformierten Abtastwerte  $B_n$ . Die Fouriertransformation ist in Fig. 2 durch den Block 2 veranschaulicht.

35 Durch die Fouriertransformation eines abgetasteten reellen Signals entstehen bekanntermaßen fouriertransformierte Abtastwerte, die sich sowohl über den Bereich negativer Frequenzen als auch über den Bereich positiver Frequenzen erstrecken. Erfindungsgemäß wird von den

fouriertransformierten Abtastwerten  $B_n$  entweder der Bereich negativer Frequenzen oder der Bereich positiver Frequenzen entfernt. Läuft der Index  $n$ , welcher die fouriertransformierten Abtastwerte  $B_n$  indiziert, beispielsweise von  $-2^{N/2}$  bis  $2^{N/2}-1$ , wobei  $N$  eine ganze natürliche Zahl ist, so entspricht der Bereich negativer Frequenzen den Abtastwerten  $B_n$  mit  $n < 0$  bzw. der Bereich positiver Frequenzen entspricht den Abtastwerten  $B_n$  mit  $n > 0$ .

10

Die verbleibenden Abtastwerte, die entweder nur positiv oder nur negativ sind, sind in Fig. 2 mit  $B'_n$  bezeichnet. Die Beschneidung der Abtastwerte im negativen Frequenzbereich ist in Fig. 2 durch den Block 3 veranschaulicht, welcher eine Übertragungsfunktion  $H(f)$  hat, welche nur im Bereich positiver Frequenzen von 0 verschieden ist. Diese seitenbandbereinigten, fouriertransformierten Abtastwerte  $B'_n$  werden anschließend durch eine inverse Fouriertransformation in den Zeitbereich zurücktransformiert. Dabei kann ebenfalls eine schnelle digitale Fourier-Rücktransformation (IFFT, Inverse Fast Fourier Transform) zum Einsatz kommen, was in Fig. 2 durch den Block 4 veranschaulicht ist. Im Zeitbereich stehen dann die rücktransformierten Abtastwerte  $C_n$  zur Verfügung, deren Betrag schließlich noch in dem Betragsbilder 5 zu bilden ist. Der Betrag der in den Zeitbereich rücktransformierten Abtastwerte ist in Fig. 2 mit  $D_m$  bezeichnet.

30 Für den Anwendungsfall des CCDF-Diagramms muß nun in einem Block 6 die relative Häufigkeit festgestellt werden, mit welcher das Quadrat der Betrags-Abtastwerte  $D_m^2$ , welcher der Leistung entspricht, in Relation zur durchschnittlichen Leistung  $D_{eff}^2$  auf einer in dB  
35 skalierten logarithmischen Skala einen Schwellwert  $x$  überschreitet. Zweckmäßigerweise wird die Quadrierung nicht vor, sondern nach der Logarithmierung durchgeführt, d. h. statt einer Multiplikation mit dem Faktor 10 erfolgt eine Multiplikation mit dem Skalierungsfaktor 20:

$$10 \cdot \log \frac{D_m^2}{D_{eff}^2} = 10 \cdot \log \left( \frac{D_m}{D_{eff}} \right)^2 = 20 \cdot \log \frac{D_m}{D_{eff}} \quad (1)$$

Das CCDF-Diagramm kann dann auf einer Anzeigeeinrichtung  
 5 7, beispielsweise einem Bildschirm, zur Anzeige gebracht werden.

Wie Fig. 5 zeigt, ist das zunächst fouriertransformierte  
 und dann in den Zeitbereich zurücktransformierte Signal  
 10 bestehend aus den digitalen Abtastwerten  $C_n$  aufgrund der  
 endlichen Zeit- und Frequenzabtastung zyklisch, d. h. im  
 in Fig. 5 dargestellten Beispiel hat das Signal eine  
 Zyklus-Länge  $m_2 - m_1 - 1$ . Der Index  $n$  läuft in Fig. 5 von 0  
 bis  $2^N - 1$ . Es ist daher zweckmäßig, die rücktransformierten  
 15 Abtastwerte  $C_n$  nur in einem begrenzten Bereich 13  
 weiterzuverarbeiten, so daß die zyklische Fortsetzung  
 unterdrückt wird, d. h. es gilt  $C_m = C_n$  mit  $m_1 \leq m \leq m_2$ . Nur von  
 diesem begrenzten Ausschnitt  $C_m$  der rücktransformierten  
 Abtastwerte wird der Betragswert berechnet, was der  
 20 Bezeichnung in Fig. 2 entspricht. Die Betragsbildung  
 erfolgt dann nach der Formel

$$D_m = |C_m| = \sqrt{\text{Re}\{C_m\}^2 + \text{Im}\{C_m\}^2} \quad (2)$$

25 Die Schritte zur Bestimmung der Beträge der  
 rücktransformierten Abtastwerte  $D_m$  werden so lange  
 wiederholt, bis genügend viele Werte  $D_m$  zur Verfügung  
 stehen, daß daraus nach den bekannten Regeln der  
 Effektivwert  $D_{eff}$  der Wertefolge bestimmt werden kann. Die  
 30 Leistung dieses Effektivwerts ist dann der Bezugswert für  
 die Angabe des Pegels auf der horizontalen Achse des CCDF-  
 Diagramms (0 dB). An der vertikalen Achse des CCDF-  
 Diagramms wird der zum jeweiligen Leistungspegel gehörende  
 CCDF-Wert aufgetragen, d. h. diejenige relative  
 35 Häufigkeit, mit welcher der Leistungswert  $x$  relativ zur  
 mittleren Leistung  $D_{eff}^2$  überschritten wird. Dies erfolgt  
 mittels der Formel

$$CCDF(x) = p\left(20 \cdot \log_{10} \frac{D}{D_{eff}} \geq x\right) \quad [x] = \text{dB} \quad (3)$$

mit

5

p: Auftrittswahrscheinlichkeit bzw. relative Häufigkeit

D: Momentanwert der Hüllkurve

$D_{eff}$ : Effektivwert der Hüllkurve

- 10 Anstatt, wie hier, Pegelgrößen bzw. Spannungsgrößen zu vergleichen, können natürlich auch die entsprechenden Leistungsgrößen (Momentanleistung  $D^2$  und mittlere Leistung  $D_{eff}^2$ ) direkt miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dann ändert sich der Vorfaktor des Logarithmus allerdings
- 15 von 20 auf 10.

- Anhand von Fig. 3 und 4 wird die Funktion des erfindungsgemäßen Verfahrens näher beschrieben. Das Signals S kann in eine Fourier-Reihe zerlegt werden, d. h.
- 20 jedes beliebige Eingangssignals kann aus einer Reihe von Kosinussignalen mit unterschiedlichen Signalpegeln und Phasen aufgebaut werden. Im folgenden wird nur eine dieser Fourier-Komponenten betrachtet, die sich allgemein wie folgt schreiben läßt:

25

$$s_1(t) = A(t) \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi) \quad (4)$$

- Die hier zu bestimmende Hüllkurve wäre also  $A(t)$ . Bei dem Sendesignal handelt es sich um ein reelles Signal, das
- 30 sich komplex wie folgt darstellen läßt:

$$\begin{aligned} s_1(t) &= A(t) \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot (e^{j(\omega t + \varphi)} + e^{-j(\omega t + \varphi)}) \right] \\ &= \frac{A(t)}{2} \cdot e^{j(\omega t + \varphi)} + \frac{A(t)}{2} \cdot e^{-j(\omega t + \varphi)} \end{aligned} \quad (5)$$

- Graphisch kann man sich diese Beziehung anhand eines
- 35 Zeigerdiagramms, wie in Fig. 3 dargestellt, vorstellen.



Das Signal  $s_1(t)$  besteht aus einem ersten, mit der Winkelfrequenz  $\omega$  linksdrehenden Drehzeiger 8 und einem zweiten, synchron dazu mit der gleichen Kreisfrequenz  $\omega$  rechtsdrehenden Drehzeiger 9. Das erfindungsgemäße Weglassen des Bereichs negativer Frequenzen führt dazu, daß der Drehzeiger 9 unterdrückt wird. Umgekehrt führt das alternativ genauso mögliche Weglassen des Bereichs positiver Frequenzen dazu, daß der Drehzeiger 8 unterdrückt wird. Die Filterung im Frequenzbereich führt also zum Wegfall eines der beiden Summanden in Gleichung (5). Wenn in der Gleichung (4) beispielsweise die Komponente mit der negativen Frequenz, d. h. der linksdrehende Drehzeiger 9 in Fig. 3, weggelassen wird, so entsteht nach der Betragsbildung das folgende Ergebnis:

$$s_2(t) = \left| \frac{A(t)}{2} \cdot e^{+j(\omega t + \varphi)} \right| = \left| \frac{A(t)}{2} \cdot e^{-j(\omega t + \varphi)} \right| = \frac{|A(t)|}{2} \quad (6)$$

Der Betrag entspricht nach Fig. 3 der Länge des verbliebenen Zeigers. Bei der Verwendung des Signals  $s_2(t)$  für die Bestimmung der CCDF-Diagramms spielt die Tatsache, daß  $s_2(t)$  aufgrund der Betragsbildung nur positiv sein kann, keine Rolle. Bei dem CCDF-Diagramm werden Leistungen miteinander verglichen, die nur positiv sein können. Die Teilung durch den Faktor 2 beeinflusst das Ergebnis des CCDF-Diagramms ebenfalls nicht.

Die vorstehend anhand einer Fourier-Komponente gewonnene Erkenntnis kann natürlich ohne weiteres auf das Gesamtsignal, das eine lineare Überlagerung einer Vielzahl von Fourier-Komponenten darstellt, angewandt werden. Dazu sind in Fig. 4 die fouriertransformierten Abtastwerte  $B_n$  dargestellt. Der Index  $n$  läuft hier von  $-2^N/2$  bis  $2^N/2-1$ . Es ist erkennbar, daß der Bereich negativer Frequenzen bei einem reellen Eingangssignal  $S$  das Spiegelbild des Bereichs 11 mit positiven Frequenzen ist.

Wird bei der weiteren Signalverarbeitung entweder der Bereich 10 negativer Frequenzen weggelassen, also

$B'_n=0$  für  $n<0$  und

$B'_n=B_n$  für  $n>0$

- 5 oder wird der Bereich 11 positiver Frequenzen weggelassen, also

$B'_n=B_n$  für  $n<0$  und

$B'_n=0$  für  $n>0$ ,

10

so ergibt sich nach der Rücktransformation in den Zeitbereich nach Bildung des Absolutbetrags automatisch die Hüllkurve, wie dies vorstehend anhand von Fig. 3 veranschaulicht wurde.

15

- Zweckmäßig wird nicht nur entweder der Bereich 10 negativer Frequenzen oder der Bereich 11 positiver Frequenzen unterdrückt, sondern zusätzlich noch der Gleichanteil 12 für die Frequenz Null; bei der hier  
20 verwendeten Indizierung, also  $B_0$  mit  $n=0$ . So wird ein eventuell vorhandener Gleichspannungsanteil (DC-Offset) unterdrückt. Da die ausgewerteten Signale aus der Zwischenfrequenz-Ebene stammen, dürften diese eigentlich keinen Gleichspannungsanteil enthalten. Ist dennoch ein  
25 Gleichspannungsanteil vorhanden, so stammt dieser beispielsweise von einem Gleichspannungs-Versatz des Analog/Digital-Wandlers und eine Entfernung dieses Gleichspannungsanteils erhöht die Meßgenauigkeit.

- 30 Ein Beispiel eines CCDF-Diagramms, dessen zugrundeliegende Hüllkurve mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnen wurde, ist in Fig. 1 dargestellt. Wie bereits erläutert, ist bei einem CCDF-Diagramm die relative Häufigkeit  $p$  dafür aufgetragen, daß ein bestimmter Pegel  $D$  auf einer  
35 logarithmischen Skala überschritten wird. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel eines Eingangs-Signals, das nach dem 8VSB-Standard digital moduliert wurde, kommen Überschreitungen der Effektiv-Leistung mit 3 dB noch mit einer relativen Häufigkeit von etwa 10 % vor, während

Überschreitungen der Effektiv-Leistung mit mehr als 6 dB schon mit einer deutlich kleineren relativen Häufigkeit als 1 % auftreten.

- 5 Wie bereits mehrfach betont, ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht auf den Anwendungsfall der Erfassung von Momentan-Pegelwerten oder Momentan-Leistungswerten für ein CCDF-Diagramm beschränkt, sondern ganz allgemein zur Bestimmung der Hüllkurve eines modulierten Signals
- 10 geeignet. Das Verfahren läßt sich sowohl mit einer digitalen Hardware, beispielsweise durch Verwendung von FPGA (Free Programmable Gate Array), oder mit einer Software in einem speziellen Prozessor, idealerweise in einem digitalen Signalprozessor (DSP), durchführen.

15

### Ansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Hüllkurve eines modulierten  
5 Eingangs-Signals (S) mit folgenden Verfahrensschritten:  
- Erzeugen digitaler Abtastwerte ( $A_n$ ) durch digitales  
Abtasten (1) des Eingangs-Signals (S),  
- Erzeugen fouriertransformierter Abtastwerte ( $B_n$ ) durch  
Fouriertransformieren (2) der digitalen Abtastwerte ( $A_n$ ),  
10 - Erzeugen seitenbandbereinigter, fouriertransformierter  
Abtastwerte ( $B'_n$ ) durch Entfernen (3) des Bereichs (10)  
mit negativen Frequenzen oder des Bereichs (11) mit  
positiven Frequenzen von den fouriertransformierten  
Abtastwerten ( $B_n$ ),  
15 - Erzeugen rücktransformierter Abtastwerte ( $C_n$ ) durch  
inverses Fouriertransformieren (4) der  
seitenbandbereinigten, fouriertransformierten Abtastwerte  
( $B'_n$ ) und  
- Bilden (5) der Werte des Absolutbetrags ( $D_m$ ) der  
20 rücktransformierten Abtastwerte ( $C_n$ ).
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß zur Erzeugung der seitenbandbereinigten,  
25 fouriertransformierten Abtastwerte ( $B'_n$ ) neben dem Bereich  
(10,11) mit den negativen bzw. positiven Frequenzen auch  
der Gleichanteil (12) bei der Frequenz Null entfernt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
daß die rücktransformierten Abtastwerte ( $C_n$ ) nur in einem  
solchen begrenzten Bereich (13) weiter verarbeitet werden,  
daß eine durch die Fouriertransformation und inverse  
Fouriertransformation hervorgerufene zyklische Fortsetzung  
35 unterdrückt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,

daß die Werte des Absolutbetrags ( $D_m$ ) relativ zu einem Effektivwert ( $D_{eff}$ ) der rücktransformierten Abtastwerte logarithmiert werden.

- 5 5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Häufigkeitsverteilung der logarithmierten Werte  
als Funktion des logarithmierten Pegels (CCDF-Diagramm)  
angezeigt wird.
- 10 6. Digitales Speichermedium mit elektronisch auslesbaren  
Steuersignalen, die so mit einem programmierbaren Computer  
oder digitalen Signalprozessor zusammenwirken können, daß  
das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ausgeführt  
15 wird.
7. Computerprogramm-Produkt mit auf einem  
maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-  
Mitteln, um alle Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis  
20 5 durchführen zu können, wenn das Programm auf einem  
Computer oder einem digitalen Signalprozessor ausgeführt  
wird.
8. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle  
25 Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 durchführen zu  
können, wenn das Programm auf einem Computer oder einem  
digitalen Signalprozessor ausgeführt wird.
9. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle  
30 Schritte gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 durchführen zu  
können, wenn das Programm auf einem maschinenlesbaren  
Datenträger gespeichert ist.

Fig. 1

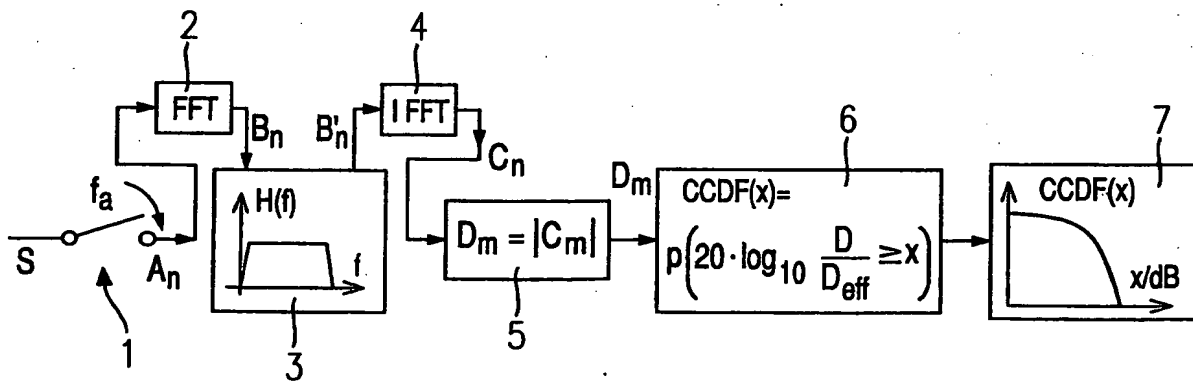
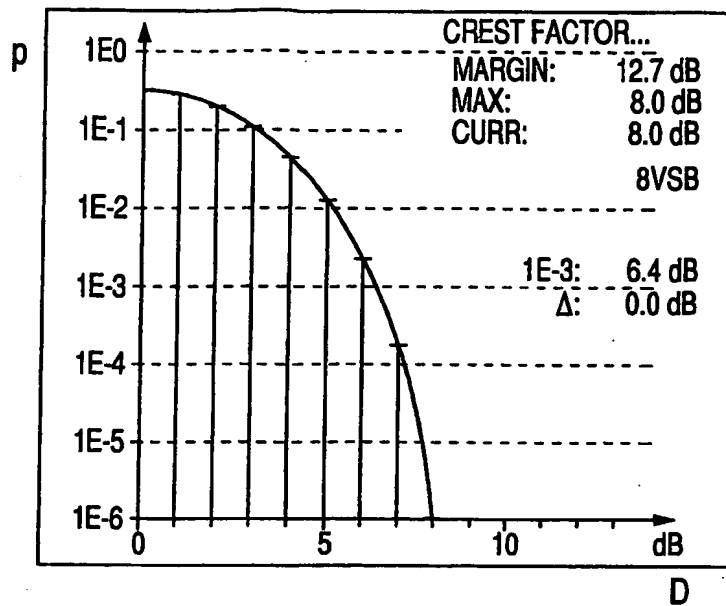
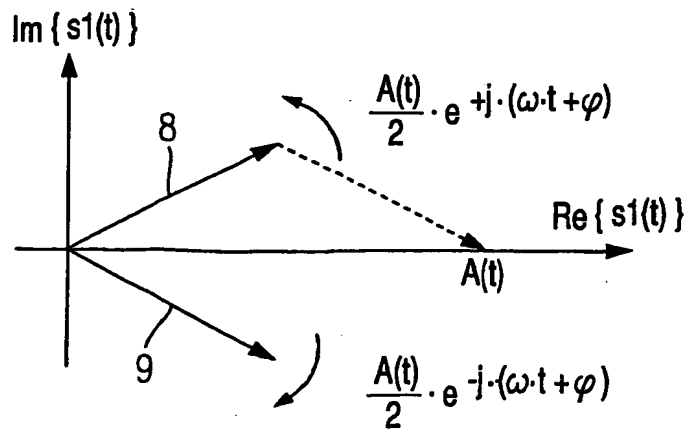


Fig. 2

Fig. 3



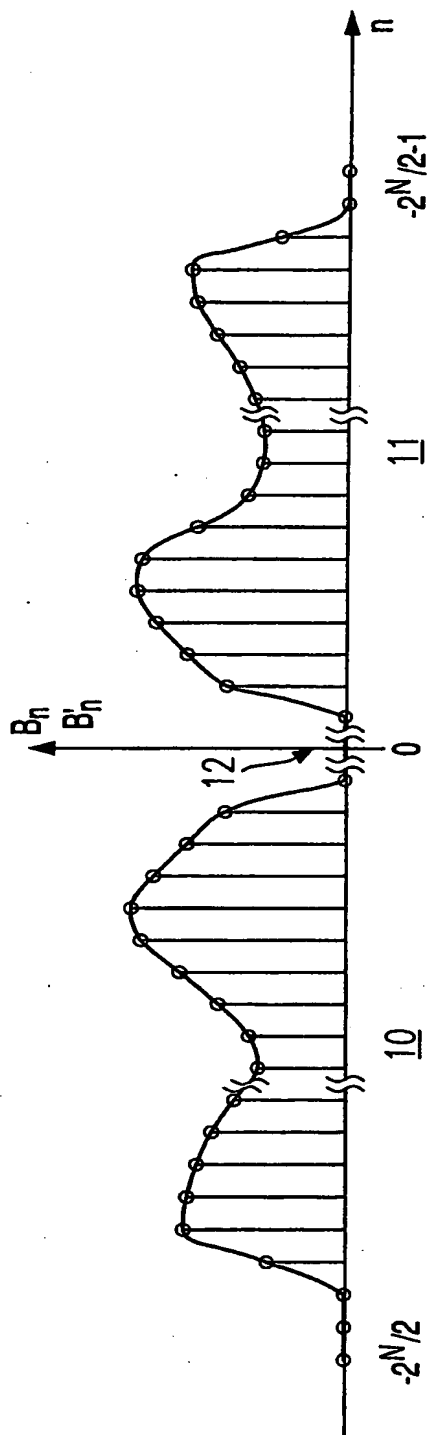


Fig. 4

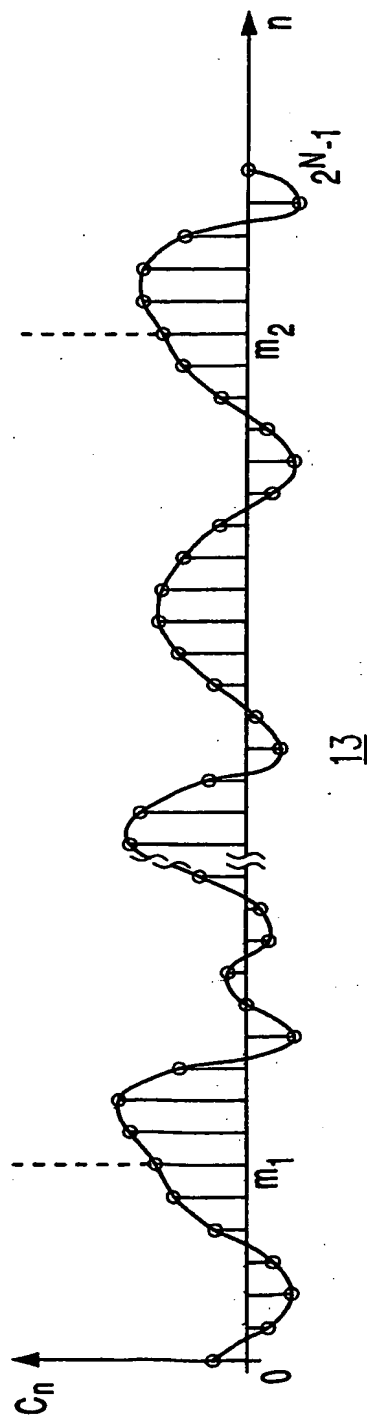


Fig. 5